

studio 4a di architettura e urbanistica

33100 Udine, via Cjavecis, 3 tel. +39 0432 499900 fax. +39 0432 499903
e-mail: info@studio4a.it

PROVINCIA DI PORDENONE

COMUNE DI PORDENONE

Oggetto:

P.A.C. n. 83 DI INIZIATIVA PRIVATA IN VIA PRASECCO

Progetto:
PROGETTO URBANISTICO

Data:
NOVEMBRE 2016

Titolo della tavola:

RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA

n° commessa:
PU/158/16

Progettista:

Architetto
Luciano Snidar

appc udine



ordine degli architetti
pianificatori paesaggisti
e conservatori della
provincia di udine

luciano snidar
albo sez. A/a - numero 467
architetto

RPR/cz

PRG/cz

Revisioni:

Collaboratori:

Architetto
Luca Del Fabbro Machado

appc udine



ordine degli architetti
pianificatori paesaggisti
e conservatori della
provincia di udine

del fabbro machado
albo sez. A/a - numero 1682

Committente:

EDILNAONIS S.r.l
via Fornace, 15
33170 Pordenone

EDILGAMMA S.r.l
via Fornace, 15
33170 Pordenone

Collaboratori specialistici:

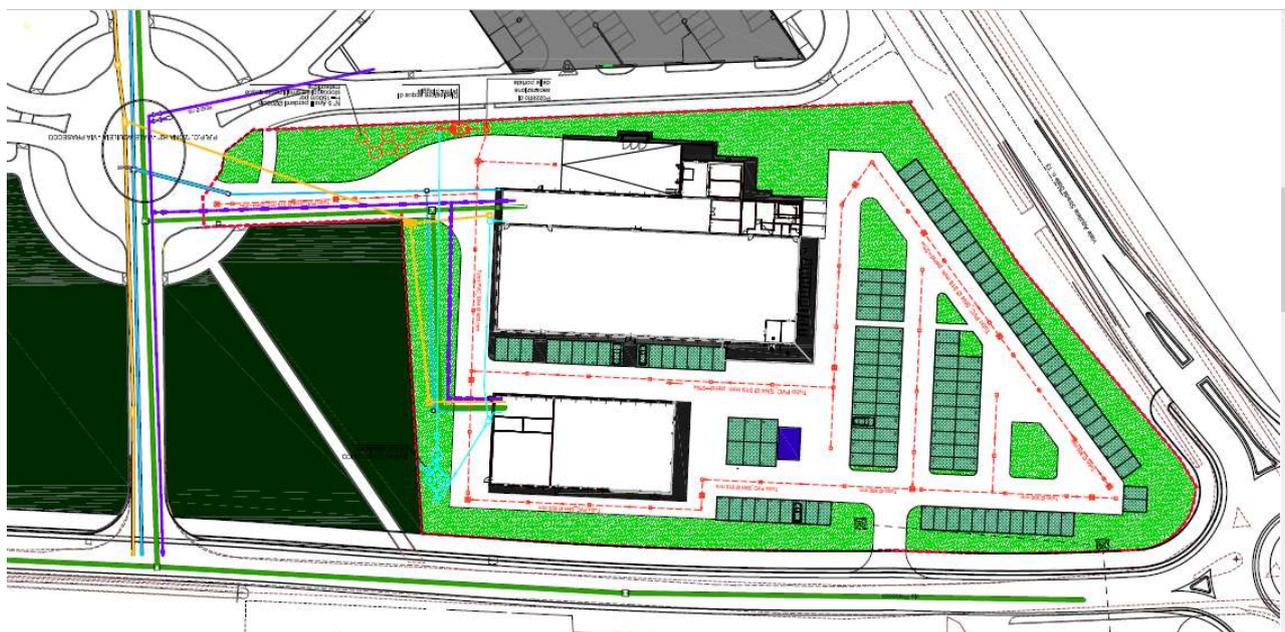
Ingegnere
Mario Causero



INDICE

1	Premesse.....	2
2	determinazione delle portate.....	3
2.1	Dati pluviometrici.....	3
2.1.1	Il metodo di Gumbel.....	4
2.2	Determinazione della portata drenante dall'area in esame allo stato di fatto	7
2.3	dimensionamento della vasca volano	9
2.3.1	Calcolo con il metodo di <i>Alfonsi e Orsi</i> (cinematico).	10

idraulico del **prof. Matteo Nicolini redatto a supporto del nuovo PRGC del comune di Pordenone.**



La figura mostra il PAC n. 83 con indicati i fabbricati, le aree destinate a parcheggio su suolo drenante, le aree a verde e le aree della viabilità in asfalto.

2 determinazione delle portate

2.1 Dati pluviometrici

Nell'ambito delle elaborazioni statistiche due sono i concetti di fondamentale importanza, la frequenza di probabilità di un evento e il tempo di ritorno. La frequenza di probabilità di un evento è il numero di volte che l'evento si è verificato nell'ambito di un insieme di osservazioni. Se il numero di eventi statisticamente indipendenti è sufficientemente elevato ($N = 30$) è lecito confondere la frequenza di un evento con la probabilità di verificarsi dello stesso.

La storia recente dell'idrologia, le difficoltà di carattere logistico di una distribuzione uniforme degli osservatori sul territorio, fanno sì che le osservazioni pluviometriche siano ridotte, nei casi più fortunati, agli ultimi trenta anni. Questo fatto limita enormemente la certezza del modello, sottraendogli l'indispensabile substrato sperimentale. Per questo motivo si sono sviluppati successivamente delle trattazioni di verifica e dei test di validità del modello (come quello di Pearson).

Il tempo di ritorno è definito come l'inverso della probabilità di superamento:

$$T_r = \frac{1}{P(X \geq x)}$$

Si intuisce quindi come una precipitazione osservata un numero ridotto di volte sarà caratterizzata da un tempo di ritorno elevato. Il tempo di ritorno non assume nessun significato premonitore, ma soltanto un utile parametro di riferimento che indica il tempo medio di ripetizione di un certo fenomeno. L'elaborazione statistica dei dati è finalizzata alla determinazione di una legge che legghi l'altezza di precipitazione h alla durata di precipitazione t . La relazione è del tipo:

$$h = a \cdot t^n$$

Le curve che si ottengono sono dette curve segnalatrici di possibilità climatica o pluviometrica. I due coefficienti a ed n rappresentano:

- **a** altezza di pioggia per la durata di precipitazione unitaria
- **n** esponente idraulico, caratteristico di una data durata di precipitazione.

I due coefficienti dipendono da:

- tempo di ritorno
- durata della precipitazione
- area su cui insiste la precipitazione

Definita l'intensità di precipitazione

$$\tau = a \cdot t^{n-1}$$

dal primo postulato dell'idrologia (l'intensità della pioggia massima diminuisce all'aumentare della durata) si può dedurre che n deve essere minore di uno. La definizione della curva di possibilità pluviometrica è di fondamentale importanza nella progettazione idraulica in quanto rappresenta il dato di input di ulteriori modelli, i quali, concettuali o deterministici che siano, ci permettono di trasformare efflussi in deflussi. Ci consentono cioè di definire, per un assegnato bacino, la portata che consegue ad una data precipitazione.

2.1.1 Il metodo di Gumbel

Il metodo di Gumbel appartiene all'area dei modelli statistico-probabilistici tesi all'elaborazione dei dati sperimentali nel tentativo di riprodurre eventi di precipitazione per qualunque tempo di ritorno. Tale metodo rappresenta quindi una notevole estensione concettuale rispetto a quello dei casi critici, limitato ad una semplice estrapolazione dei valori già acquisiti. Gumbel ipotizza una distribuzione di probabilità di tipo doppio esponenziale:

$$P(X \leq x) = 1 - \frac{1}{T_r} = e^{-e^{-y(h)}}$$

dove $y(h) = \alpha(x-u)$ è una variabile ridotta, funzione di T_r , parametrizzata in t ; mentre $P(X \leq x)$ è la

probabilità di non superamento dell'evento.

Possiamo riscrivere l'equazione nel seguente modo:

$$-\ln(-\ln(1 - \frac{1}{T_r})) = y(T_r) = b + a \cdot h$$

dove i coefficienti a e b potranno essere determinati utilizzando il metodo dei minimi quadrati.

Definiti a e b sarà possibile, per qualsiasi tempo di ritorno e per una assegnata durata di precipitazione, determinare il valore probabile di precipitazione.

Alle precipitazioni massime di data durata può applicarsi la seguente descrizione statistica, comune a molte serie idrologiche:

$$h(T_r) = \bar{h} + F \cdot S_h$$

dove S_h è lo scarto quadratico medio della variabile h ed F è un fattore di frequenza al quale la distribuzione doppio-esponenziale di Gumbel assegna l'espressione:

$$F = \frac{y(T_r) - \bar{y}_N}{S_N}$$

essendo la grandezza $y(T_r)$, funzione del tempo di ritorno, la cosiddetta variabile ridotta.

Pertanto, sostituendo si ottiene:

$$h(T_r) = \bar{h} + \frac{y(T_r) - \bar{y}_N}{S_N} \cdot S_h$$

ovvero

$$h(T_r) = \bar{h} - \frac{S_h}{S_N} \cdot \bar{y} + \frac{S_h}{S_N} \cdot y(T_r)$$

dove la quantità

$$\bar{h} - \frac{S_h}{S_N} \cdot \bar{y}$$

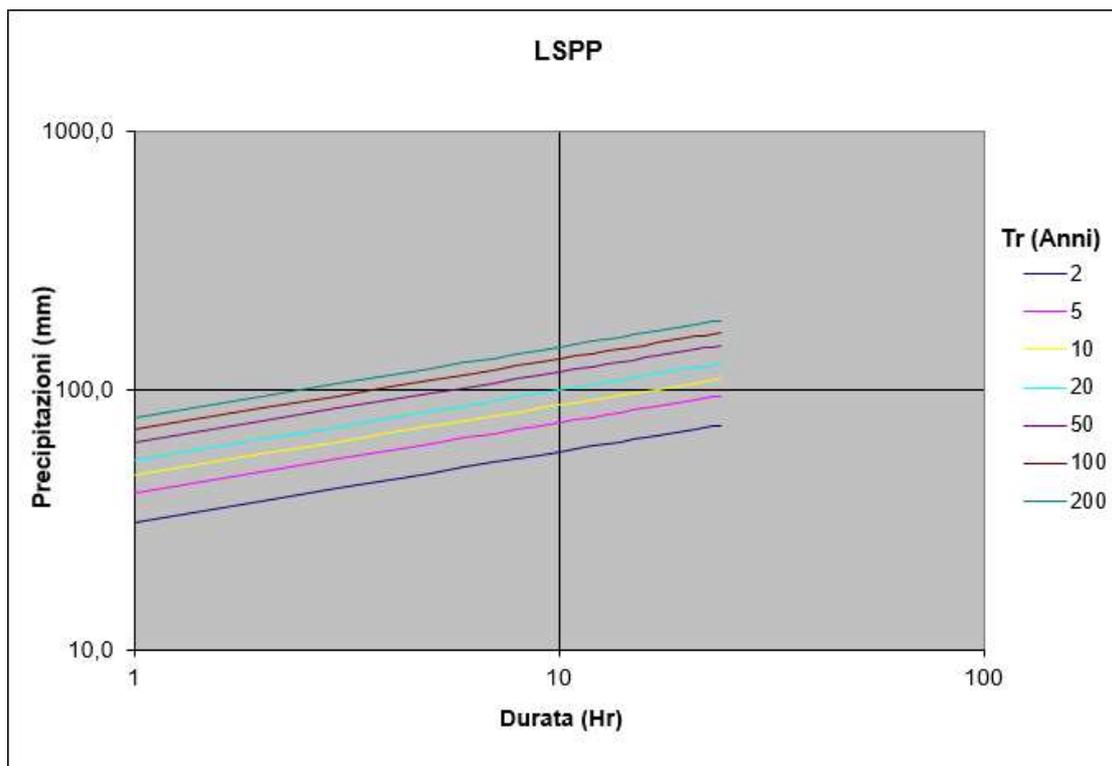
è chiamata moda e rappresenta il valore con massima frequenza probabile. Pertanto, tenendo conto della seguente espressione:

$$-\ln(-\ln(1 - \frac{1}{T_r})) = y(T_r)$$

Per gli scrosci si nota una dispersione di valori imputabile, oltre al numero limitato di dati a disposizione, ad inevitabili imprecisioni nella misura, legata com'è a dispositivi di registrazione adatti per piogge di durata ben maggiore di quella degli scrosci. Tale dispersione può inoltre dipendere dal fatto che gli eventi brevi ed intensi, non caratterizzano generalmente un luogo, nel senso di possibilità pluviometrica, come accade per le precipitazioni di maggiore durata.

Di seguito si riportano i valori relativi alla curva di possibilità pluviometrica in funzione dei vari tempi di ritorno per la stazione di Pordenone.

Coordinate Gauss-Boaga Fuso Est							
	E				N		
Input	2341101				5091328		
Baricentro cella	2341250				5091250		
Parametri LSPP							
n	0,27						
	Tempo di ritorno (Anni)						
	2	5	10	20	50	100	200
a	31,0	40,2	46,8	53,6	62,9	70,5	78,5
Precipitazioni (mm)							
Durata (Hr)	Tempo di ritorno (Anni)						
	2	5	10	20	50	100	200
1	31,0	40,2	46,8	53,6	62,9	70,5	78,5
2	37,4	48,5	56,4	64,6	75,9	85,0	94,7
3	41,7	54,1	63,0	72,0	84,7	94,8	105,6
4	45,1	58,4	68,0	77,9	91,5	102,5	114,1
5	47,9	62,1	72,3	82,7	97,2	108,9	121,2
6	50,3	65,2	75,9	86,9	102,1	114,4	127,3
7	52,4	68,0	79,1	90,6	106,4	119,2	132,7
8	54,4	70,5	82,1	93,9	110,4	123,6	137,6
9	56,1	72,8	84,7	96,9	113,9	127,6	142,1
10	57,7	74,9	87,2	99,7	117,2	131,3	146,2
11	59,2	76,8	89,4	102,3	120,3	134,7	150,0
12	60,7	78,6	91,5	104,8	123,1	137,9	153,5
13	62,0	80,4	93,5	107,0	125,8	140,9	156,9
14	63,2	82,0	95,4	109,2	128,4	143,8	160,1
15	64,4	83,5	97,2	111,3	130,8	146,5	163,1
16	65,6	85,0	98,9	113,2	133,1	149,0	165,9
17	66,6	86,4	100,6	115,1	135,3	151,5	168,7
18	67,7	87,7	102,1	116,9	137,4	153,9	171,3
19	68,7	89,0	103,6	118,6	139,4	156,1	173,8
20	69,6	90,3	105,1	120,2	141,3	158,3	176,2
21	70,6	91,5	106,5	121,8	143,2	160,4	178,6
22	71,4	92,6	107,8	123,4	145,0	162,4	180,8
23	72,3	93,7	109,1	124,9	146,8	164,4	183,0
24	73,1	94,8	110,4	126,3	148,5	166,3	185,1



Per il calcolo si utilizzerà la curva riferita alle piogge orarie con un **tempo di ritorno pari a 10 anni**.

La curva considerata sarà, quindi, la seguente:

$$h = 51,7 \cdot t^{0,287}$$

2.2 Determinazione della portata drenante dall'area in esame allo stato di fatto

Al fine di determinare il volume di pioggia da laminare al fine di garantire l'invarianza idraulica, si stima ora la portata massima drenante dall'area in oggetto.

Il lotto in argomento ha una superficie totale di 13 821 mq, di cui 3.500 mq sono utilizzati a parcheggio su ghiaia battuta avente un coefficiente di deflusso pari 0,6 mentre la restante superficie coltivata a prato di 10.321 mq, ha un coefficiente di deflusso pari a 0,2.

Nel caso (frequente) in cui l'area in esame sia caratterizzata da diverse zone (di superficie S_i) con altrettanti coefficienti di afflusso, viene definito un coefficiente medio ponderale dato da

$$\psi = \frac{\sum_i \psi_i S_i}{\sum_i S_i}$$

A partire dai dati di pioggia ottenuti, è possibile stimare le portate conseguenti mediante il metodo cinematico.

Tale metodo, di applicazione comune, non richiede elaborazioni complesse e fornisce a tutto oggi risultati accettabili, si basa sulle seguenti tre ipotesi fondamentali:

1. la pioggia critica è quella che ha durata pari al tempo di corrivazione del bacino;
2. la precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento;
3. il tempo di ritorno della portata è pari a quello della pioggia critica;

La formula razionale fornisce il valore della portata di piena Q [m^3/s] in funzione del tempo di ritorno T [anni], a partire dal volume specifico dei deflussi (pioggia netta o pioggia depurata) h_n [mm], in funzione dell'ampiezza dell'area scolante A [Km^2] e del tempo di percorrenza dei deflussi stessi, detto tempo di corrivazione t_c [ore]. In generale vale:

$$Q = 2,778 \cdot A \cdot \phi \cdot a \cdot t_c^{n-1}$$

Dove: ϕ rappresenta il coefficiente di deflusso, rapporto tra gli afflussi meteorici e i corrispondenti deflussi superficiali, posto pari a 0.3 (derivato dalla media ponderale delle aree a diversa copertura); A è la superficie del bacino (in ha); a ed n sono i parametri caratteristici della curva di possibilità pluviometrica riferiti al tempo di ritorno, in questo caso, di 5 anni: t_c è il tempo di corrivazione del bacino, che viene posto uguale alla durata dell'evento. Infatti, se la durata della precipitazione è inferiore al tempo t_c , solo una parte del bacino A contribuirà alla formazione della portata, che risulterà pertanto di minore entità. Viceversa, se la durata dell'evento è maggiore, l'intensità della pioggia sarà minore e quindi meno intenso il colmo di portata. Considerando le ridotte dimensioni del bacino, il tempo di corrivazione può essere stimato in 15 minuti. Per quanto riguarda il coefficiente di deflusso, scelto pari a 0.3. Di seguito si riporta la tabella riassuntiva del calcolo della portata di picco fluente dall'area di progetto conseguentemente ad un evento di pioggia **con un tempo di ritorno di 10 anni**. La curva di possibilità pluviometrica considerata è quella ottenuta dall'analisi secondo il metodo di Gumbel illustrata precedentemente.

METODO CINEMATICO		
$Q_{affluente}=2.778*S*\phi*a*t_c^{n-1}$		
S=	1,3821	ha
ϕ =	0,3	
a=	51,7	
Tc=	0,25	ore
n=	0,287	
Q=	160	l/s

Dal calcolo risulta, quindi, che attualmente la superficie in esame immette nel sistema di scolo superficiale locale una portata pari a **circa 160 l/s** per eventi con tempo di ritorno pari a 10 anni.

2.3 dimensionamento della vasca volano

Per progettare un invaso di laminazione in modo rigoroso, senza ricorrere alle formulazioni semplificate, occorre fare riferimento alle equazioni che consentono di descrivere il fenomeno della laminazione e quindi il funzionamento idraulico di una vasca volano. I fattori che influiscono nel processo di laminazione sono tre: il volume della vasca, la sua geometria e le caratteristiche della bocca di scarico. Solitamente la geometria della vasca e le caratteristiche della bocca di scarico vengono definite a priori, salvo successivi affinamenti, quindi l'unica incognita rimane il volume che è necessario assegnare alla vasca per ridurre la portata massima in uscita al valore $Q_{u,max}$ comunque inferiore al valore della portata massima entrante $Q_{e,max}$. La laminazione è governata da tre equazioni fondamentali:

1) l'equazione di continuità della vasca: $Q_e(t) - Q_u(t) = dW(t)/dt$

dove:

$Q_e(t)$ portata entrante nella vasca, variabile nel tempo, dipendente dall'evento pluviometrico e dalle caratteristiche del bacino e della rete drenante;

$Q_u(t)$ portata in uscita dalla vasca, variabile nel tempo e dipendente dalle caratteristiche dello scarico;

$W(t)$ volume invasato nella vasca all'istante t.

2) L'equazione che rappresenta il legame, esclusivamente geometrico, esistente tra il volume invasato nella vasca e livello idrico nella stessa: $W(t) = W(h(t))$

3) L'equazione che rappresenta il legame tra portata in uscita e il tempo. Nei manufatti di scarico fissi essa dipende dal tempo attraverso il livello idrico $h(t)$: $Q_u(t) = Q_u(t, h(t))$

La risoluzione del sistema di equazioni viene spesso affrontata con metodi che si basano su ipotesi semplificative sull'andamento di $Q_e(t)$ e sulle leggi di efflusso attraverso lo scarico, con lo scopo comunque di determinare il volume da assegnare alla vasca affinché la portata in uscita possa essere limitata a $Q_{u,max}$.

Tra questi metodi semplificati si ricordano quelli:

- basati sul metodo dell'invaso (Moriggi e Zampaglione (1978); Paoletti e Rege Gianas (1979); Gottardi e Maglionico (2008));
- basati sul metodo cinematico (Alfonsi e Orsi (1987); Gottardi e Maglionico (2006));
- basati su ietogrammi sintetici (Modica, 1996).

I metodi di Moriggi e Zampaglione (1978), Paoletti e Rege Gianas (1979) e di Alfonsi e Orsi (1987) partono da alcune ipotesi di base, ossia che la vasca all'istante iniziale sia vuota e che l'andamento delle piogge (ietogramma) e la portata in uscita dalla vasca rimangano costanti. I metodi di Maglionico e Gottardi (2006 e 2008) rimuovono alcune di queste ipotesi e in particolare considerano il dimensionamento dell'invaso con portata in uscita non costante. Il metodo proposto da Modica (1996) cerca di rimuovere ulteriori ipotesi e considera una portata in uscita costante e un'intensità di pioggia variabile o una portata di uscita variabile e intensità di pioggia sia costante sia variabile.

Occorre poi ricordare che, mentre per quanto riguarda il dimensionamento dei collettori della rete sono molto importanti le intensità di pioggia, e quindi le portate massime, per quanto riguarda le vasche di laminazione assume un'importanza preponderante il volume di pioggia di un evento meteorico. Ne consegue che gli eventi di pioggia che sono critici in termini di portata defluita, non lo sono in genere per quanto concerne i volumi invasati in vasca: in particolare la durata di pioggia che risulta critica per una vasca è superiore a quella critica per la rete di deflusso. Quindi al variare della durata dell'evento pluviometrico varia la sua intensità e di conseguenza l'idrogramma ed il corrispondente volume da assegnare alla vasca di laminazione. Da queste considerazioni risulta evidente che i metodi basati o sul metodo dell'invaso o sul metodo cinematico per prima cosa devono individuare la durata dell'evento pluviometrico critico, e successivamente il volume dell'invaso.

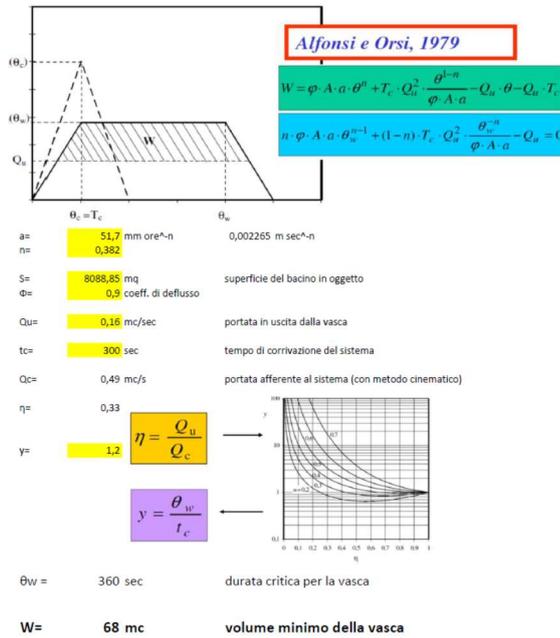
2.3.1 Calcolo con il metodo di Alfonsi e Orsi (cinematico).

Questo approccio schematizza un processo di trasformazione afflussi-deflussi nel bacino a monte di tipo cinematico. Le ipotesi semplificate adottate sono le seguenti:

- ietogramma netto di pioggia a intensità costante (ietogramma rettangolare);
- curva aree tempi lineare;
- svuotamento della vasca a portata costante pari a Q_u , (laminazione ottimale).

Sotto queste ipotesi si può scrivere l'espressione del volume W invasato nella vasca in funzione della durata della pioggia θ , del tempo di corrivazione del bacino T_c , della portata uscente massima dalla vasca Q_u , del coefficiente di afflusso ϕ , dell'area del bacino A e dei parametri a e n della curva di possibilità pluviometrica. Per il drenaggio urbano si assume il coefficiente di deflusso costante e pari a quello di un'ora di precipitazione. **Per durate di pioggia inferiore all'ora si usa il valore $4/3 n$.**

I volumi di accumulo sono stati stimati utilizzando la formula di Alfonsi - Orsi, si riporta, di seguito, il calcolo eseguito.



STUDIO CAUSERO&SPADETTO ASSOCIATI Via Luigi Moretti 15, UDINE	Relazione IDRAULICA	Dimensionamento impianto dispersione acque meteoriche	PAC n° 83	COD. 21-16	R	0
--	----------------------------	--	-----------	----------------------	---	---

Imponendo, quindi che la portata in uscita dalla vasca non superi il valore di 160 l/s, **pari alla portata attuale smaltita dall'area in oggetto, si ricava un valore minimo della vasca pari a circa 70 mc.**

Lo scarico della vasca volano nella rete superficiale esistente, lungo via Aquileia, avviene con una pompa che si attiva nel momento in cui inizia ad accumularsi l'acqua all'interno della vasca stessa.

Da quanto descritto, la gestione delle acque meteoriche così progettata permetterà non solo di ottenere l'invarianza idraulica rispetto allo stato di fatto, ma anche un significativo decremento delle portate smaltite nel sistema della rete superficiale esistente.

Udine, 15 ottobre 2016

Ing. Mario Causero

